

Practitioner's Docket No.: 939\_053

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re the application of: Yukihiisa TAKEUCHI, Hiroyuki TSUJI, Kazumasa  
KITAMURA and Nobuo TAKAHASHI

Ser. No.: 10/679,188

Group Art Unit: 3681

Filed: October 3, 2003

Examiner: Not Assigned

Conf. No.: 5328

For: MULTISLIT TYPE ACTUATOR, INKJET HEAD AND METHOD FOR  
MANUFACTURING MULTISLIT TYPE ACTUATOR

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

I hereby certify that this correspondence is being deposited  
with the United States Postal Service as first class mail  
addressed to Commissioner for Patents, P.O. Box 1450,  
Alexandria, VA 22313-1450 on March 1, 2004.

  
Gina M. Husak

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT**

Sir:

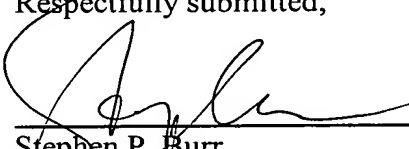
The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the  
following foreign country was requested by applicants on October 3, 2003 for the  
above-identified application:

<u>Country</u>	<u>Application Number</u>	<u>Filing Date</u>
Japan	2001-108986	April 6, 2001

In support of this claim, a certified copy of the Japanese Application is enclosed  
herewith.

March 1, 2004  
Date

Respectfully submitted,

  
Stephen P. Burr  
Reg. No. 32,970

SPB/gmh

BURR & BROWN  
P.O. Box 7068  
Syracuse, NY 13261-7068

Customer No.: 25191  
Telephone: (315) 233-8300  
Facsimile: (315) 233-8320

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2001年 4月 6日

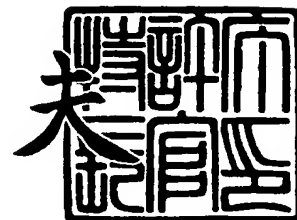
出願番号  
Application Number: 特願2001-108986  
[ST. 10/C]: [JP 2001-108986]

出願人  
Applicant(s): 日本碍子株式会社

2004年 1月26日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井 康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 P2001-107

【あて先】 特許庁長官 殿

【発明者】

【住所又は居所】 名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社  
内

【氏名】 武内 幸久

【発明者】

【住所又は居所】 名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社  
内

【氏名】 辻 裕之

【発明者】

【住所又は居所】 名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社  
内

【氏名】 北村 和正

【発明者】

【住所又は居所】 名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社  
内

【氏名】 高橋 伸夫

【特許出願人】

【識別番号】 000004064

【氏名又は名称】 日本碍子株式会社

【代理人】

【識別番号】 100078721

【弁理士】

【氏名又は名称】 石田 喜樹

【電話番号】 052-950-5550

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009243

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9708617

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 マルチスリット型アクチュエータ、インクジェットヘッド及びマルチスリット型アクチュエータの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 櫛歯状に整列配置した複数の圧電アクチュエータを基板上に倒置形成したマルチスリット型アクチュエータであって、櫛歯間のスリット壁面を構成する圧電アクチュエータ側面の結晶粒子状態が、粒内破壊を受けている結晶粒子が 1 % 以下であることを特徴とするマルチスリット型アクチュエータ。

【請求項 2】 スリット壁面の凹凸量が  $10\ \mu\text{m}$  以下である請求項 1 記載のマルチスリット型アクチュエータ。

【請求項 3】 スリット壁面の表面粗さ  $R_t$  が  $10\ \mu\text{m}$  以下である請求項 1 記載のマルチスリット型アクチュエータ。

【請求項 4】 櫛歯間のスリット幅が櫛歯奥から先端に向けて変化している請求項 1 乃至 3 の何れかに記載のマルチスリット型アクチュエータ。

【請求項 5】 各櫛歯間のスリット幅が同一でなく、少なくとも 2 種類の幅のスリットを有する請求項 1 乃至 4 の何れかに記載のマルチスリット型アクチュエータ。

【請求項 6】 最小のスリット幅が  $70\ \mu\text{m}$  未満である請求項 1 乃至 5 の何れかに記載のマルチスリット型アクチュエータ。

【請求項 7】 シェアモード方式で駆動されるインクジェットヘッドであって、請求項 1 乃至 6 の何れかに記載のマルチスリット型アクチュエータの基板に対向するアクチュエータ上面を閉塞板で閉塞し、スリットをインク室として櫛歯先端方向にインクを吐出可能としたインクジェットヘッド。

【請求項 8】 シェアモード方式で駆動されるインクジェットヘッドであって、請求項 1 乃至 6 の何れかに記載のマルチスリット型アクチュエータ 2 個を、互いの櫛歯部が合致するよう側面同士を接合し、部屋状に形成したスリット部をインク室として櫛歯先端方向にインクを吐出可能としたインクジェットヘッド。

【請求項 9】 基板上に圧電性材料から成るアクチュエータを櫛歯状に複数整列配置して形成したマルチスリット型アクチュエータの製造方法であって、

複数の圧電材料グリーンシートを用意し、パンチとダイを用いて前記複数の圧電材料グリーンシートのうち第一の圧電材料グリーンシートにスリット孔を開ける第一の行程と、  
前記第一の圧電材料グリーンシートをストリッパを用いて引き上げる第二の行程と、  
前記パンチの先端部を、引き上げた前記第一の圧電材料グリーンシートの最下部より僅かに引き込む程度に引き上げる第三の工程と、  
前記パンチにより、第二の圧電材料グリーンシートに第二のスリット孔を開ける第四の工程と、  
前記第二の圧電材料グリーンシートを前記第一の圧電材料グリーンシートと共に引き上げる第五の工程と、  
前記パンチ先端部を、引き上げた前記第二の圧電材料グリーンシートの最下部より僅かに引き込む程度に引き上げる第六の工程と、  
以降、複数枚の圧電材料グリーンシートを第四の工程から第六の工程を繰り返して積層して櫛歯状の複数の圧電層を形成する第七の工程と、該圧電層の一側面を基板に密着して焼成する第八の工程とを有することを特徴とするマルチスリット型アクチュエータの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、圧電性材料から成るアクチュエータを櫛歯状に複数整列配置して形成したマルチスリット型圧電アクチュエータに関する。

【0002】

【従来の技術】

例えばシェアモード方式のインクジェットヘッドで使用される圧電アクチュエータがある。これは図11に示すような構造を有し、基板21上に櫛歯状に圧電性材料で形成された複数の壁部22を形成し、壁部の間に長形状のインク室23を隣接して形成し、壁部22を変形させることでインク室の体積を変化させてインクの吐出動作をさせている。

このようなアクチュエータは、図7に示す手順で作成されていた。まず(a)で圧電性材料17を用意し、(b)で焼成する。そして(c)で分極処理し、(d)でダイシングソー等で微細なスリット形成加工を行って櫛歯状の駆動部18を形成すると共にインクを収容するスリット19を複数整列形成し、(e)でスリット内の壁面に電極20を形成した。その後、図11に示すようにガラス板等の蓋板24で蓋をしてインク室を閉塞し、ノズル26を形成したノズル板25で先端開口部を閉塞して形成されていた。

### 【0003】

#### 【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記製造方法は、固い圧電性板材を機械加工するため、角部が欠けやすく次のような問題があった。

第1に、スリット加工に時間がかかり、量産性に適していなかった。

第2に、スリット加工後は加工用遊離砥粒や加工液で汚染されるため、十分な洗浄工程が必要であるが、加工後の強度は低下するため満足のいく洗浄を行うには複雑な工程となりコストのかかる工程となっていた。

第3に、インク室であるスリットは加工に使用されるダイサーブレードで制限を受け、略70 $\mu$ m以下の幅にはできないし、壁厚もダイサーブレードの切削強度が必要であるため、スリットの深さに対して限界値が自ずと決定され、アスペクト比10以上で形成するものが難しかった。そのため、高密度、或いは高強度・高出力の櫛歯型アクチュエータを得ることが出来なかった。

### 【0004】

第4に、ダイサーブレードにより加工するため、直線的、平面的スリット加工しかできず、複雑形状にするときには、後工程で部品の接着等することで対応していたし、直線的加工を行う結果、駆動時にはノズルプレート接合端まで圧電応力変形が生じてしまい、接合面の耐久性が低下し易かった。

第5に、切削加工によりスリットを形成するため、櫛歯側面に現れた結晶粒子は粒内破壊を生じ、圧縮残留応力による特性劣化が生じ易かった。図8はこの説明図であり、(a)は図7のQ視端面図、(b)はN部拡大断面図を示している。ダイシングソーによる切削加工で斜線で示す櫛歯表面の圧電体結晶粒子は、一

部が削り取られて、粒内破壊を生じ、特性劣化を生じていた。また、切削加工により、結晶粒子間や粒内にマイクロクラックが生じ、これによる特性劣化が生じることもあった。

#### 【0005】

そこで、本発明は上記問題点に鑑み、量産性に富み、洗浄～乾燥工程が不要であって、更に直線形状以外のスリットであっても、また $50\mu\text{m}$ 以下の幅のスリットであっても、またアスペクト比10以上であっても形成可能なマルチスリット型アクチュエータの製造方法を提供すると共に、その製造方法により作成することでスリット壁面の結晶粒子の破壊が殆どないマルチスリット型アクチュエータ及びインクジェットヘッドを提供することを課題とする。

#### 【0006】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明者らは、まず、ダイサーブレードを使用しない形成方法として、図9に示す作成方法を検討した。これは、(a)で圧電材料グリーンシート1を所定枚数各々櫛歯形状に打ち抜き加工して、(b)で治具を用いて基板4上に位置合わせして積層して加熱加圧し、(c)で焼成して一体化し、その後(d)で分極処理して(e)で電極6等を形成する形成方法である。

#### 【0007】

しかし、この形成方法は打ち抜いたグリーンシート1の重ね合わせが難しく、図9のR視の端面説明図を示す図10のように、重ね合わせた各シート間の位置ズレは大きく、 $20\mu\text{m}$ 近い積層位置ずれが発生し $10\mu\text{m}$ 以下に抑えることは不可能であった。この原因は、位置決めは通常、各グリーンシート1に位置合わせ穴を設け、位置決めピンのある治具を用意し、そのピンをグリーンシート1の穴に通して積層していく方法を採用するが、そのためにはピン穴とピンとのクリアランスが少なくとも $10\mu\text{m}$ は必要であり、またグリーンシート1の柔軟さのために、10層以上を積層すると最終的には $20\mu\text{m}$ 近い圧電層間のずれが生じざるを得なかったことによる。

#### 【0008】

このような圧電層間のズレが発生すると、電極に駆動電圧を印加した際、ズレ



による段差部に電界集中が起こって絶縁破壊が生じやすいし、圧電すべり振動モードによる櫛歯の変形形状が一様ではなくなり、マイクロクラックが発生して素子の破壊に至りやすく好ましくない。

また、このような不具合は、特にスリット間ピッチが $200\mu\text{m}$ 以下のような、微細なマルチスリット型アクチュエータにおいて大きな問題となる。なぜならば、仮にスリット幅を $100\mu\text{m}$ と設定すると、圧電層の幅は $100\mu\text{m}$ 以下しかなくなり、これに対して $20\mu\text{m}$ ものズレが生じると、全体として無視できない応力集中・電界集中が生じるためである。

#### 【0009】

本発明は、このような実験結果を踏まえて成し得たもので、請求項1の発明に係るマルチスリット型アクチュエータは、櫛歯状に整列配置した複数の圧電アクチュエータを基板上に形成したマルチスリット型アクチュエータであって、櫛歯間スリットの壁面を構成する圧電アクチュエータ側面の結晶粒子状態が、粒内破壊を受けている結晶粒子が1%以下であることを特徴とする。

#### 【0010】

請求項2の発明は請求項1の発明において、スリット壁面の凹凸量が $10\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とし、請求項3の発明は、請求項1の発明において、スリット壁面の表面粗さ $R_t$ が $10\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

#### 【0011】

請求項4の発明は、請求項1乃至3の何れかの発明において、櫛歯間のスリット幅が櫛歯奥から先端に向けて変化していることを特徴とする。また、請求項5の発明は、請求項1乃至4の何れかの発明において、各櫛歯間のスリット幅が同一でなく、少なくとも2種類の幅のスリットを有することを特徴とする。

更に、請求項6の発明は、請求項1乃至5の何れかの発明において、最小のスリット幅が $70\mu\text{m}$ 未満であることを特徴とする。

#### 【0012】

請求項7の発明は、シェアモード方式で駆動されるインクジェットヘッドであって、請求項1乃至6の何れかに記載のマルチスリット型アクチュエータの基板に対向するアクチュエータ上面を閉塞板で閉塞し、スリットをインク室として櫛

歯先端方向にインクを吐出可能としたことを特徴とする。

#### 【0013】

請求項8の発明は、シエアモード方式で駆動されるインクジェットヘッドであって、請求項1乃至6の何れかに記載のマルチスリット型アクチュエータ2個を、互いの櫛歯部が合致するよう側面同士を接合し、部屋状に形成したスリット部をインク室として櫛歯先端方向にインクを吐出可能としたことを特徴とする。

#### 【0014】

請求項9に係るマルチスリット型アクチュエータの製造方法は、基板上に圧電性材料から成るアクチュエータを櫛歯状に複数整列配置して形成したマルチスリット型アクチュエータの製造方法であって、複数の圧電材料グリーンシートを用意し、パンチとダイを用いて前記複数の圧電材料グリーンシートのうち第一の圧電材料グリーンシートにスリット孔を開ける第一の工程と、前記第一の圧電材料グリーンシートをストリップを用いて引き上げる第二の工程と、前記パンチの先端部を、引き上げた前記第一の圧電材料グリーンシートの最下部より僅かに引き込む程度に引き上げる第三の工程と、前記パンチにより、第二の圧電材料グリーンシートに第二のスリット孔を開ける第四の工程と、前記第二の圧電材料グリーンシートを前記第一の圧電材料グリーンシートと共に引き上げる第五の工程と、前記パンチ先端部を、引き上げた前記第二の圧電材料グリーンシートの最下部より僅かに引き込む程度に引き上げる第六の工程と、以降、複数枚の圧電材料グリーンシートを第四の工程から第六の工程を繰り返して積層して櫛歯状の複数の圧電層を形成する第七の工程と、該圧電層の一側面を基板に密着して焼成する第八の工程とを有することを特徴とする。

#### 【0015】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明を具体化した実施の形態を、図面に基づいて詳細に説明する。図1は本発明に係るマルチスリット型アクチュエータの一例を示し、(a)～(d)は製造工程の概略、(e)は完成したアクチュエータの概略を示している。

製造工程を説明すると、まず(a)で圧電材料グリーンシート1(以下、単にシートと称する。)にスリット2を形成すると共に積層を後述する方法により同

時に行い、シート 1 を積層して櫛歯 3 を形成し、打ち抜きの終了と共に積層も完了させる。次に、(b) で別途用意したシートから成る基板 3 上に櫛歯 3 を形成すると共に積層したシート 1, 1・・・を載置し、(c) で加熱加圧して各層を密着させ、(d) で焼成して全シート 1, 1・・・及び基板 4 を一体化して駆動部を完成させる。その後、スリット内の壁面等に電極 6 を形成することで、(e) の完成したマルチスリット型アクチュエータを得る。尚、上記シートは、ドクターブレード法等の周知のテープ形成手段によって形成される。

#### 【0016】

このように、焼成前に櫛歯を形成するので、スリット壁面は焼成面で形成され、ダイサー等でスリット加工した場合に発生する圧電体結晶の粒内破壊が発生することが無く、圧縮残留応力による特性劣化が生ずることがなく耐久性・信頼性を向上させることができる。また、加工中に角部の破損（チッピング）が発生し難いし、ダイサー加工がないため洗浄～乾燥工程が必要なくなる。

#### 【0017】

図 2 は、櫛歯 3 の形成と積層を同時に行う具体的製造方法を示し、周囲にシート 1 の積層操作をするストリップ 10 を配置したパンチ 8 とダイ 9 から成る金型を用いている。図 2 (a) はダイ上に最初のシート 1 a を載せた打ち抜き前の状態を示し、図 2 (b) でパンチ 8 及びストリップ 10 を下降させてシート 1 a にスリット孔を打ち抜いて櫛歯を形成している（第一の工程）。

#### 【0018】

次に、2 枚目のシート 1 b の打ち抜き準備に入るが、このとき図 2 (c) に示すように最初のシート 1 a はストリップ 10 に密着させて上方に移動させて、ダイ 9 から離す（第二の工程）。ストリップ 10 にシート 1 を密着させる方法はストリップ 10 に吸引孔を形成して真空吸引することで実施できる。

また、2 枚目のシート 1 b の打ち抜き準備に入るために、ダイ 9 からパンチ 8 及びストリップ 10 を引き上げるが、この引き上げている途中は、パンチ 8 の先端部を一緒に引き上げた最初のシート 1 a のスリット孔の中まで戻さないことが望ましく、また止める際には一緒に引き上げたシート 1 a の最下部より僅かに引き込んだところで止めるのが肝要である（第三の工程）。パンチを 8 最初のシー

ト 1 a の孔まで戻したり、完全にストリッパ 10 の中へ格納してしまうと、シート 1 は軟質であるため形成した孔が変形してしまい、シート 1 を積層して櫛歯を形成した際にその側面の平坦性が低下してしまう。

#### 【0019】

図 2 (d) は 2 枚目のシート 1 b の打ち抜き工程を示し、最初のシート 1 a をストリッパ 10 に密着させることで、ダイ 9 上に 2 枚目のシート 1 b を容易に載置でき、図 2 (b) の工程のごとく打ち抜きでき、同時に最初のシート 1 a に重ね合わせられる (第四の工程)。

そして、(c)、(d) の工程を繰り返して打ち抜かれた最初のシート 1 a と 2 枚目のシート 1 b を重ね合わせてストリッパ 10 により引き上げ (第五の工程)、3 枚目のシート 1 c の打ち抜き準備に入る。但し、この時も一緒に引き上げたシート 1 の最下部より僅かに引き込んだところで止めることが肝要である (第六の工程)。その後、第四の工程から第六の工程を繰り返して必要積層数のシート 1 の打ち抜き及び積層を繰り返す (第七の工程)。

#### 【0020】

図 2 (e) は、打ち抜きを終了した状態を示している。必要な枚数のシート 1 の打ち抜き及び積層が終了したら、ストリッパ 10 によるシート 1 の保持を解除し、打ち抜き積層したシート 1 をストリッパ 10 から引き離して取り出し可能としている。ストリッパ 10 からの引き離しは図示するように、ストリッパ下面に引き離し治具 11 を設けることで確実に行うことが出来る。

以上述べた操作は、特願 2000-280573 に記載の製造方法を適用したものであり、この操作により所定厚の櫛歯状マルチスリットの積層体を得ることができ、この後、同様に圧電材料グリーンシートから成る基板 4 上に上記積層体を重ね合わせ、加圧積層処理を施してハンドリング可能な積層体と成し、次いでシート 1 の特性に適した条件で当該積層体を焼成一体化する (第八の工程)。

#### 【0021】

図 3 (a) は、図 1 (d) の P 視端面図を示し、図 3 (b) はスリット壁面の M 部を拡大した断面模式図を示している。上記製造方法による重ね合わせ精度の実験値を示すと、例えば暑さ  $40\text{ }\mu\text{m}$ 、ヤング率  $39\text{ N/mm}^2$  のシートに、ス

リット  $70\ \mu\text{m}$ 、櫛歯幅  $100\ \mu\text{m}$  の櫛歯を形成し、10枚重ね合わせた場合、焼成後の各層間のズレ量は最大で  $4\ \mu\text{m}$ 、表面粗さ  $R_t$  は  $7\ \mu\text{m}$  であり、図示するように櫛歯側面を凹凸なく滑らかなものにできる。そして、スリット壁面は焼成面であるため図3(b)に示すように、表面の結晶粒子であっても圧電体結晶粒子は粒内破壊が発生せず、粒内破壊を受けている結晶粒子を1%以下に抑えることができる。尚、焼成後のスリット幅は、焼成収縮により約  $55\ \mu\text{m}$  であった。

#### 【0022】

このように、パンチとダイを用いてスリットの形成と積層を同時に行い、パンチ自体を圧電材料グリーンシートの積層位置合わせ軸としても使用してパンチにより打ち抜いたスリット孔の変形を防止するため、スリット孔の変形が発生せず、積層間のズレ量を  $5\ \mu\text{m}$  未満に抑えることができ、高い精度で積層し、凹凸の少ないスリット壁面を形成できる。そのため、スリット幅が  $70\ \mu\text{m}$  未満の櫛歯であっても、またアスペクト比10以上のスリット深さであっても容易に作成でき、優れた特性のアクチュエータを得ることができる。

また、櫛歯間のスリット壁面の結晶粒子が破壊されていないので、圧縮残留応力による特性劣化が生じることが無いし、上記製造方法ではシートを移動させるための治具や積み重ねるスペースが必要ないため、製造ラインも簡略化でき、低コストでの製造が可能である。

#### 【0023】

更に、スリット幅は、シート打ち抜き時点では、金型のパンチ加工幅とほぼ同等であるが、焼成時に収縮するので、上記製造方法によれば、薄肉加工スリットと焼成収縮の組み合わせで、幅  $30\sim 50\ \mu\text{m}$  の微細スリットを形成することも可能であるし、打ち抜き金型の設計により、スリットは直線以外であっても容易に形成でき用途に応じて最適な形状に形成できる。

#### 【0024】

図4は本発明の他の製造方法を示している。順に説明すると、まず(a)で各シート1のスリット状の孔2a形成と積層を上記方法で同時に行い、シートの孔開け及び積層が終了したら、(b)で同様に圧電材料グリーンシートから成る基

板 4 上に上記積層体を重ね合わせ、(c) で加熱加圧して各層を密着させ、(d) で焼成一体化する。ここまでの製造方法は上記図 2 の製造方法と同様であるが、この場合打ち抜きするスリット孔 2 a は両端が閉塞された長孔であり、焼成した後 (e) で一端を切除して櫛歯形状としてマルチスリットを形成する。その後、電極等を形成することで完成となる。

このように、直接櫛歯を打ち抜かず、櫛歯両端を連結して積層させることで、各シートの櫛歯部分の重ね合わせ精度を更に上げることが可能である。但し、焼成後に端部除去加工が必要であるため、除去加工部の洗浄～乾燥工程が必要となり、工数が増加してしまう。

#### 【0025】

図 5 は、本発明のマルチスリット型アクチュエータをインクジェットヘッドに適用した場合を示し、シェアモード型ヘッドの要部であるアクチュエータ部の断面説明図であり、図 5 (a) は 2 種類の幅のスリット 13 a, 13 b を交互に形成し、拡張したスリット 13 a をインク室、狭幅スリット 13 b を縁切りスリットとして設けている。

このように、上記製造方法は複数種類の幅のスリットを隣接形成することも容易に実施でき、こうすることで全インク室毎の隔壁を縁切すれば、独立して駆動させることが可能となり、シェアモード型ヘッドの高性能化を図ることができる。

また、図 5 (b) は櫛歯先端部を幅広に形成しスリットを逆に狭く形成している。このように、金型の形状を変更するだけで一つのスリットの前後方向のスリット幅も容易に変更でき、流体的に適切なインク流路形状やノズルプレートとの接合面での応力低減を図った形状を無理なく実現でき、櫛歯先端部を幅広に形成することで櫛歯先端面に接着するノズルプレート (図 11 に示す) との接合部の圧電変形応力を小さくできる。

#### 【0026】

このように、目的に応じて最適なスリット幅にでき、最適な特性のアクチュエータを提供出来るし、スリットをインクジェットヘッドのインク流路とした場合、流体的に適切な形状にできるし、櫛歯先端部の圧電変形応力を小さくでき、別

途部材を介在させることなく長寿命化を図ることができる。

尚、ダイサー加工でこのような複数種類のスリットを形成しようとする、その種類に応じた刃厚のブレードを用意して使い分けなければならない、困難であったし、櫛歯の幅を基部と先端部とで変化させようとした場合、別途部材を接合して対応するしかなかった。

#### 【0027】

図6は、本発明のマルチスリット型アクチュエータを搬送装置に適用した場合を示し、(a)はスリットを一定の間隔で形成し、一定速度での搬送を可能としたもの、(b)はスリットの間隔に変化を持たせて、搬送速度が変化するように形成したものを示している。14は搬送部品を示し、図6(a)に示すように各櫛3に電圧を印加し矢印の方向に変形させることで裁置した部品を搬送することができる。

微細加工部品の製造工程、特にマイクロマシンファクトリーにおいては、その搬送方法が問題となっており、このようにマルチスリット型アクチュエータで搬送装置を形成すれば、マイクロマシンの搬送をスムーズに行うことができる。

更に、本発明のマルチスリット型アクチュエータは、マイクロリレーやマイクロスイッチとして利用することも可能であり、産業の発展に貢献大である。

#### 【0028】

##### 【発明の効果】

以上詳述したように、請求項1の発明に係るマルチスリット型アクチュエータによれば、櫛歯間のスリット壁面の圧電体結晶粒子が破壊されていないので、圧縮残留応力による特性劣化が生じることが無く、耐久性、信頼性を向上できる。

#### 【0029】

請求項2、3の発明によれば、請求項1の効果に加えて、スリット壁面の凹凸が小さいため駆動時に電界集中や応力集中の発生を防止でき、各櫛歯間で安定した動作を実現できる。

#### 【0030】

請求項4の発明によれば、請求項1乃至3の効果に加えて、スリット幅が単純な直線溝ではないので、スリットをインクジェットヘッドのインク流路とした場

合、流体的に適切な形状にできるし、櫛歯先端部の圧電変形応力を小さくでき、別途部材を介在させることなく長寿命化を図ることができる。また請求項 5, 6 の発明によれば、更に目的に応じて最適なスリット幅にでき、最適な特性のアクチュエータを提供出来る。

#### 【0031】

請求項 7, 8 の発明に係るインクジェットヘッドによれば、耐久性信頼性を向上でき、インク流路を流体的に適切な形状にできるし、長寿命化を図ることが出来る。

#### 【0032】

請求項 9 の発明に係るマルチスリット型アクチュエータの製造方法によれば、パンチ自体を圧電材料グリーンシートの積層軸として使用し、打ち抜いた圧電材料グリーンシートを移動することなく順次重ね合わせて櫛歯を形成するので、スリット孔の変形が発生せず、高い精度で積層でき、凹凸の少ない櫛歯側面を形成できる。そのため、スリット幅が  $70\text{ }\mu\text{m}$  未満の櫛歯であっても、またアスペクト比 10 以上のスリット深さであっても作成可能であるし、優れた特性のアクチュエータを得ることができる。

また、打ち抜き金型の設計により、スリットの幅を櫛歯奥から先端に向けて変更できるし、スリット幅は打ち抜き時点では金型加工幅に等しいが、焼成することで収縮するので、最終的に  $30\sim 50\text{ }\mu\text{m}$  幅の微細スリットを形成することも可能である。

更に、スリット部分は焼成前に形成するので、スリット壁面は高温焼成面のままであり、粒内破壊を受けないので、圧縮残留応力が発生せず良好な特性を維持できるし、スリット形成に切削工程を必要としないので、洗浄及び乾燥工程が必要なく、工程を簡略化できる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本発明に係るマルチスリット型アクチュエータ及びその製造方法を示す説明図である。

##### 【図 2】



図1のスリット形成及び圧電材料グリーンシートの積層を同時に行う方法を示す工程説明図であり、(a)はダイに最初の圧電材料グリーンシートを載せた図、(b)は最初の圧電材料グリーンシートの打ち抜き工程図、(c)は2枚目の圧電材料グリーンシートを載せた図、(d)は2枚目の圧電材料グリーンシートの打ち抜き工程図、(e)は全シートの打ち抜き、積層を終えてストリッパにより積層した圧電材料グリーンシートを離した工程図である。

【図3】

図1のP視端面図を示し(a)は全体図、(b)はM部の断面拡大模式図である。

【図4】

本発明のマルチスリット型アクチュエータの他の製造方法の説明図である。

【図5】

本発明のマルチスリット型アクチュエータをインクジェットヘッドに適用した場合の形状を示し、(a)は2種類の幅のスリットを交互に設けたアクチュエータの断面図、(b)はスリットを幅を櫛歯先端に向けて変化させたアクチュエータの斜視図である。

【図6】

本発明のマルチスリット型アクチュエータの他の形状を示し、搬送装置に適用した断面図であり、(a)はスリットを一定幅で形成した場合、(b)はスリット幅が変化している場合を示している。

【図7】

従来のマルチスリット型アクチュエータの製造方法を示す説明図である。

【図8】

図7の方法により製造されたマルチスリット型アクチュエータを示し、(a)はQ視端面図、(b)はN部の断面拡大模式図である。

【図9】

従来の他の製造方法を示す説明図である。

【図10】

図9のR視端面図である。

## 【図 1 1】

X a a r 型インクジェットヘッドの説明図である。

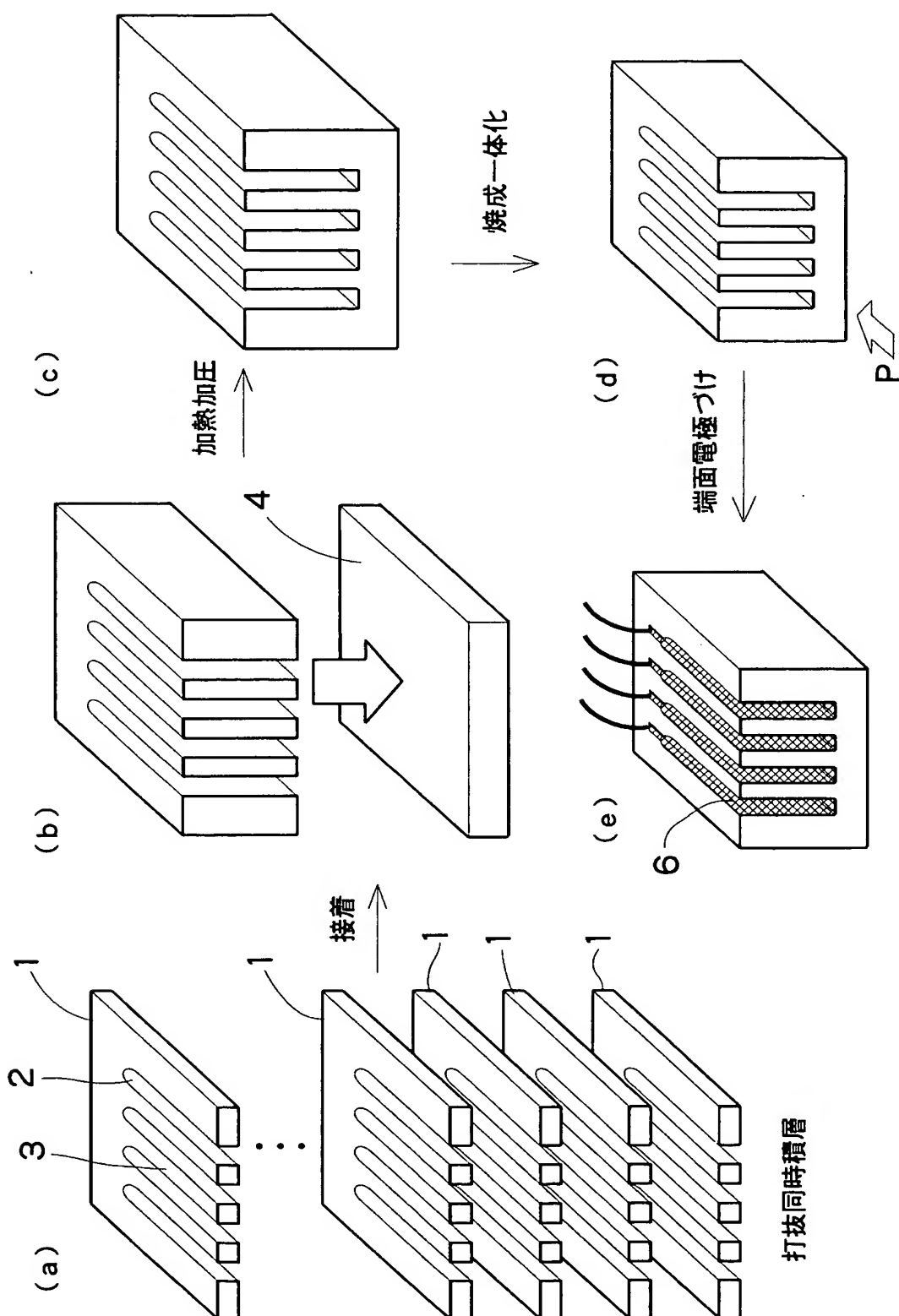
## 【符号の説明】

1・・・圧電材料グリーンシート、2・・・スリット、2 a・・・スリット孔、3・・・櫛歯、4・・・基板、6・・・電極、8・・・パンチ、9・・・ダイ、1 0・・・ストリップ、1 1・・・引離し治具。

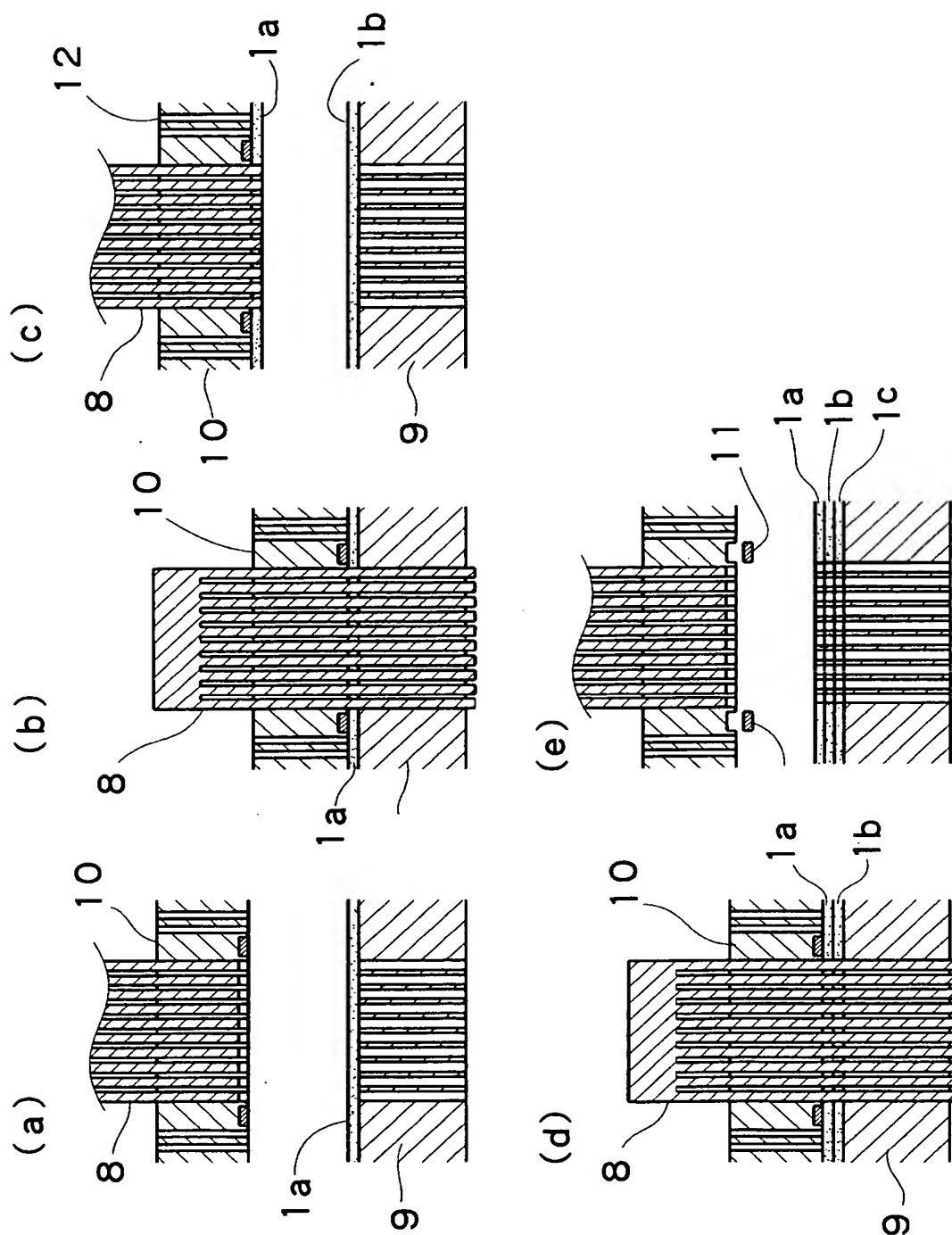
【書類名】

図面

【図 1】

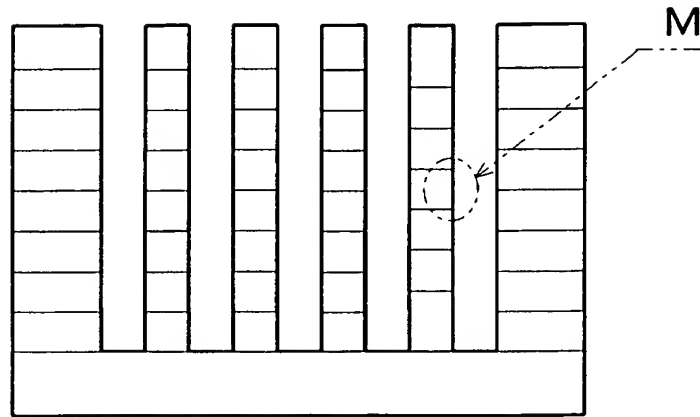


【図 2】

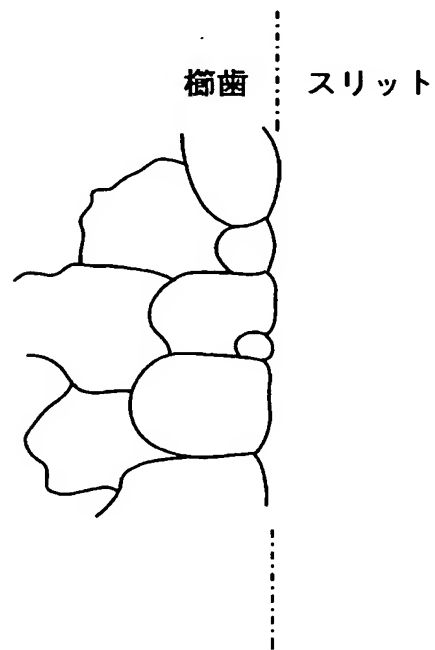


【図 3】

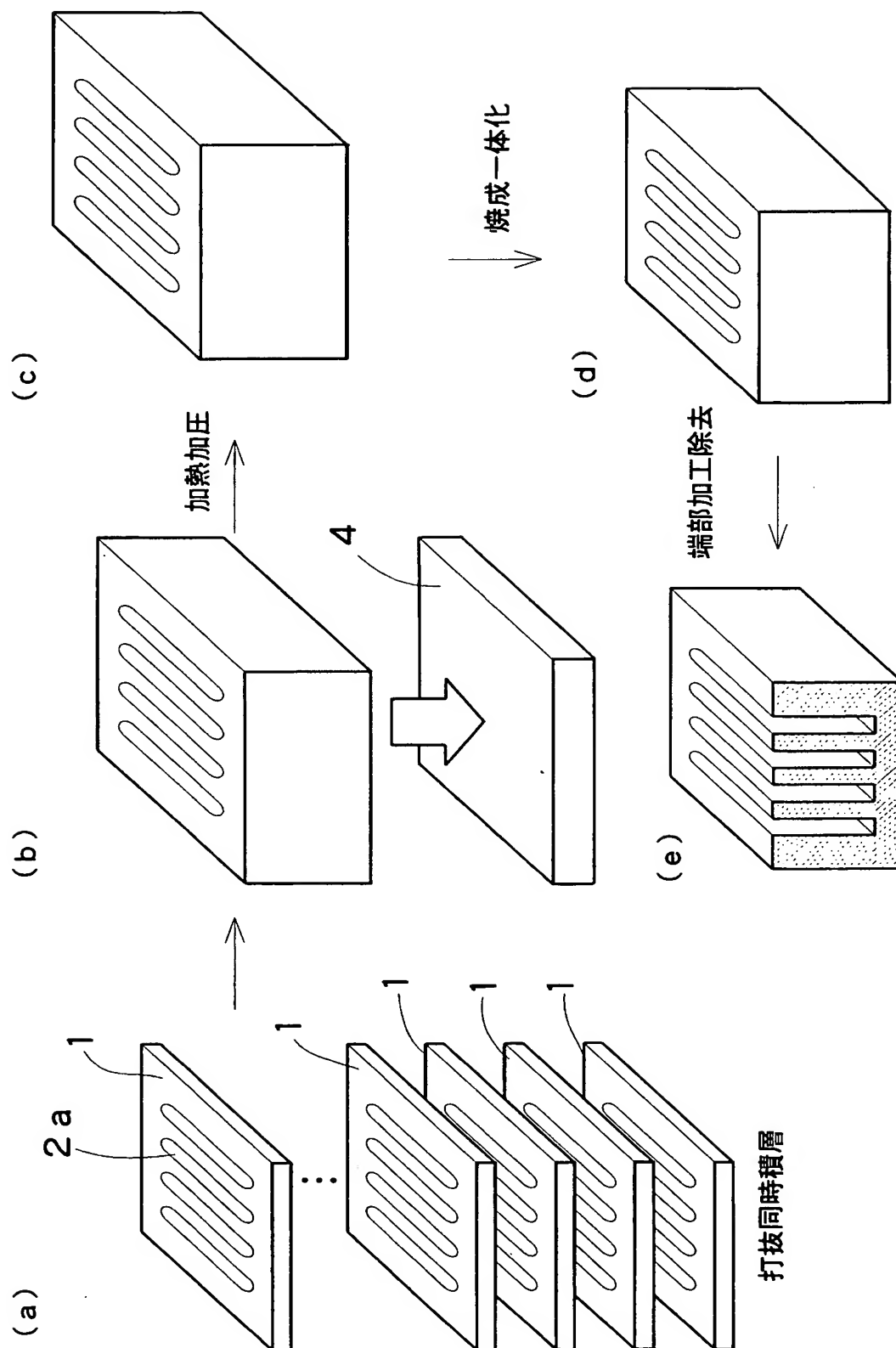
(a)



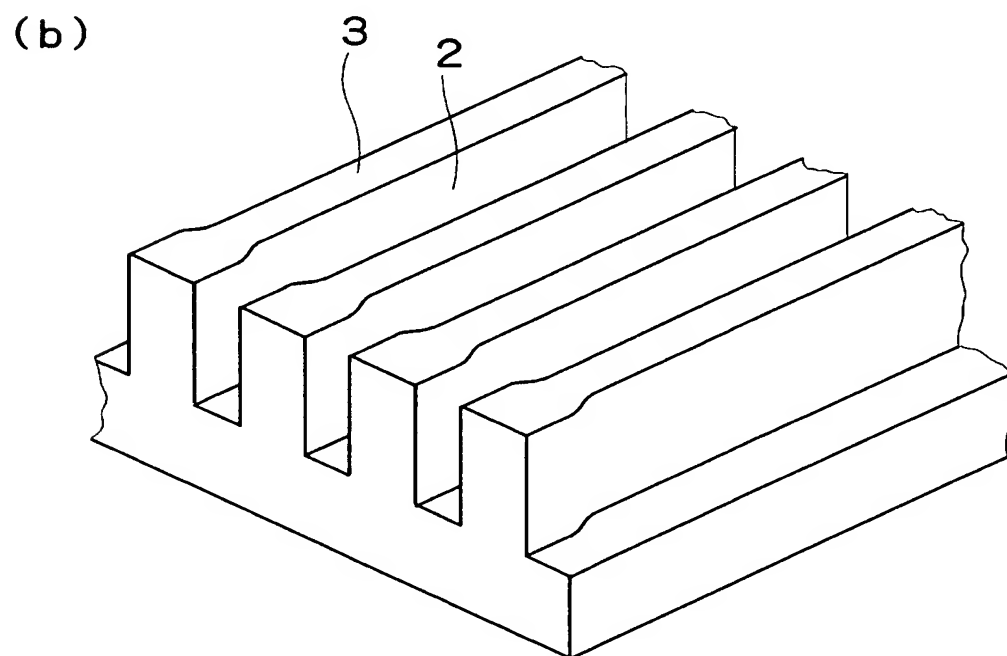
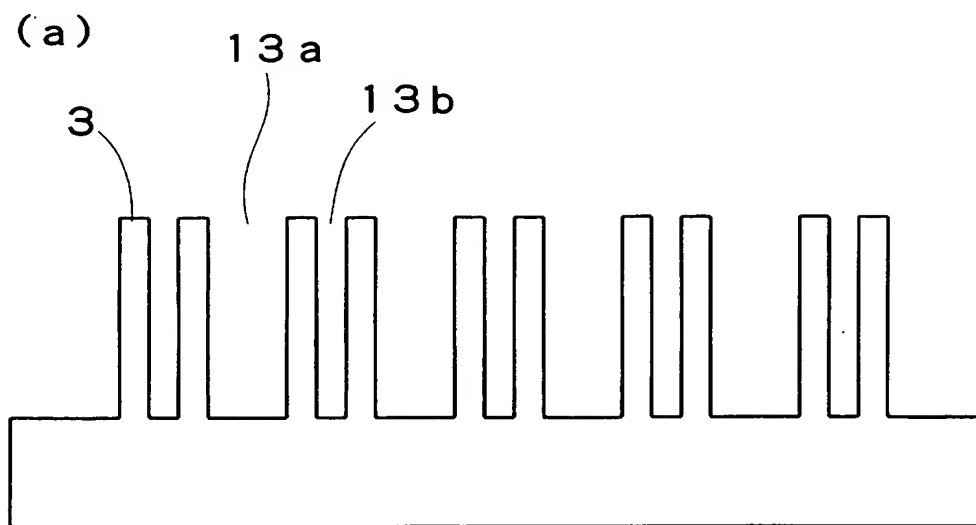
(b)



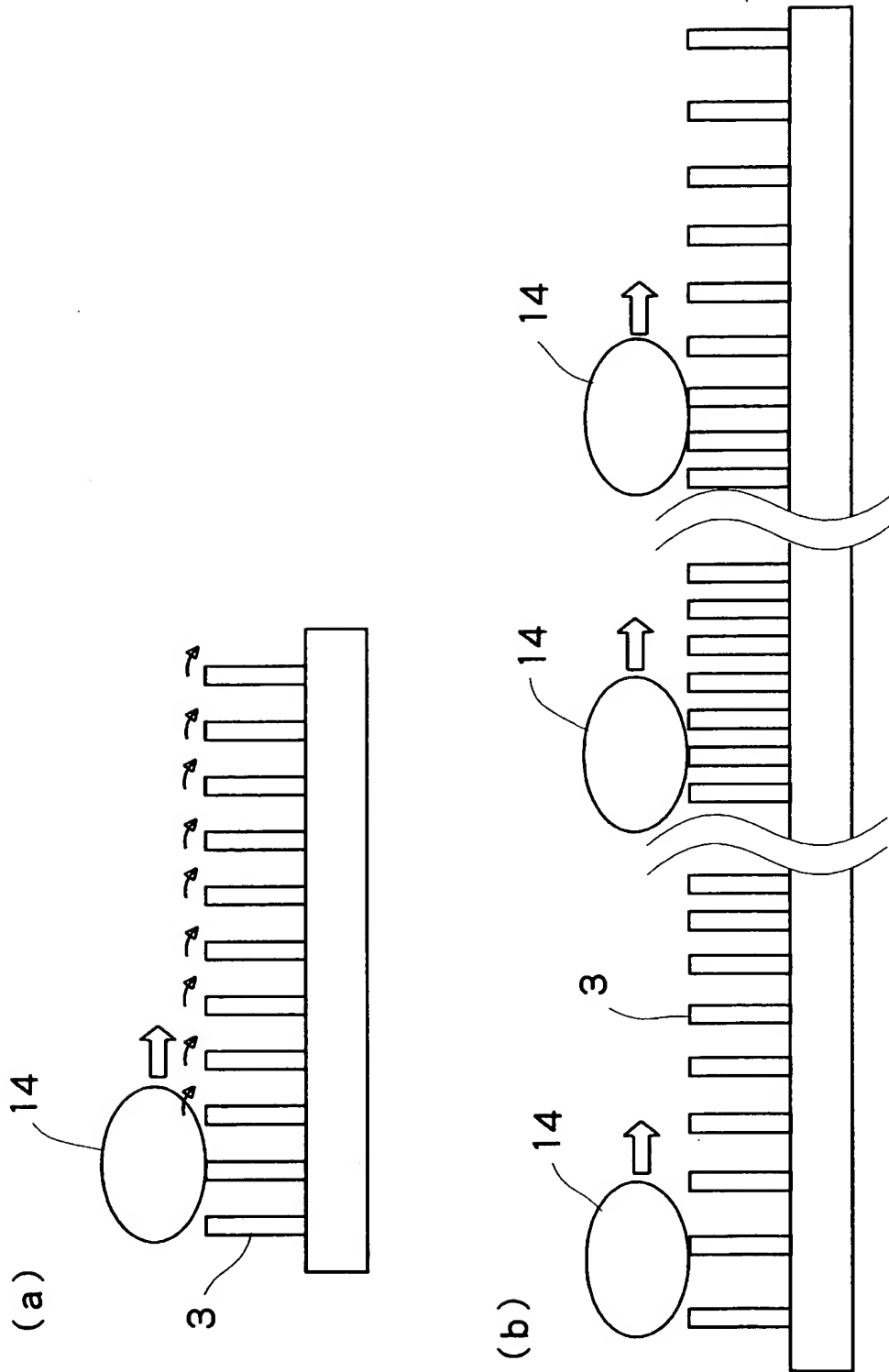
【図 4】



【図 5】

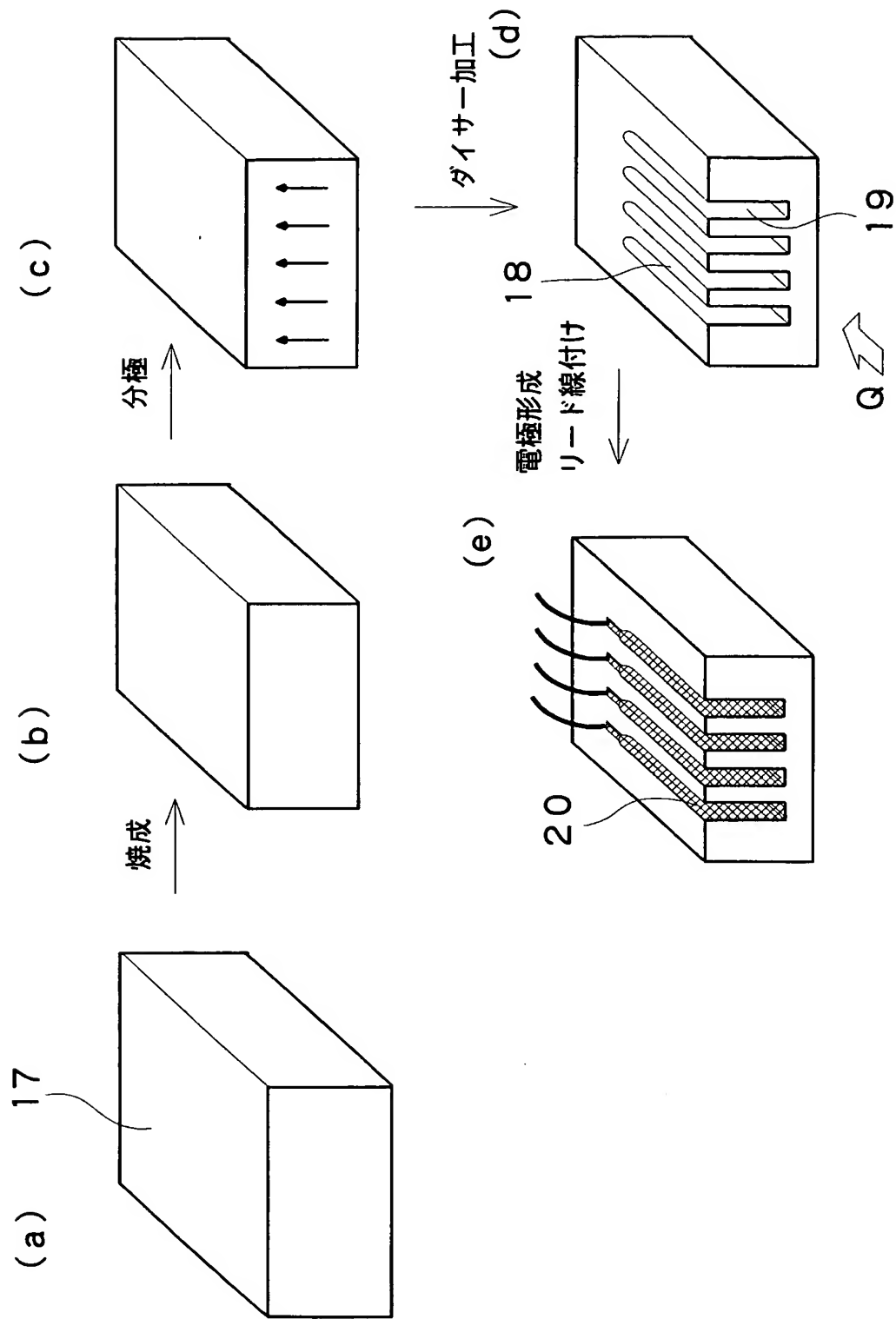


【図 6】



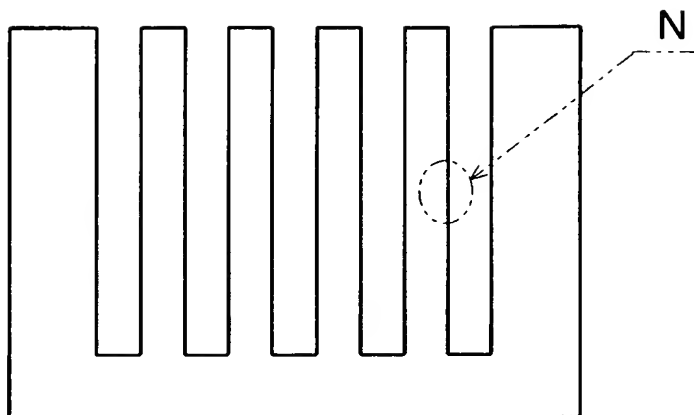


【図 7】

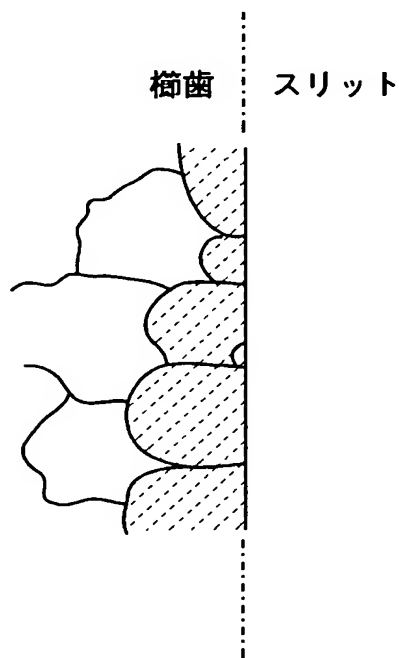


【図 8】

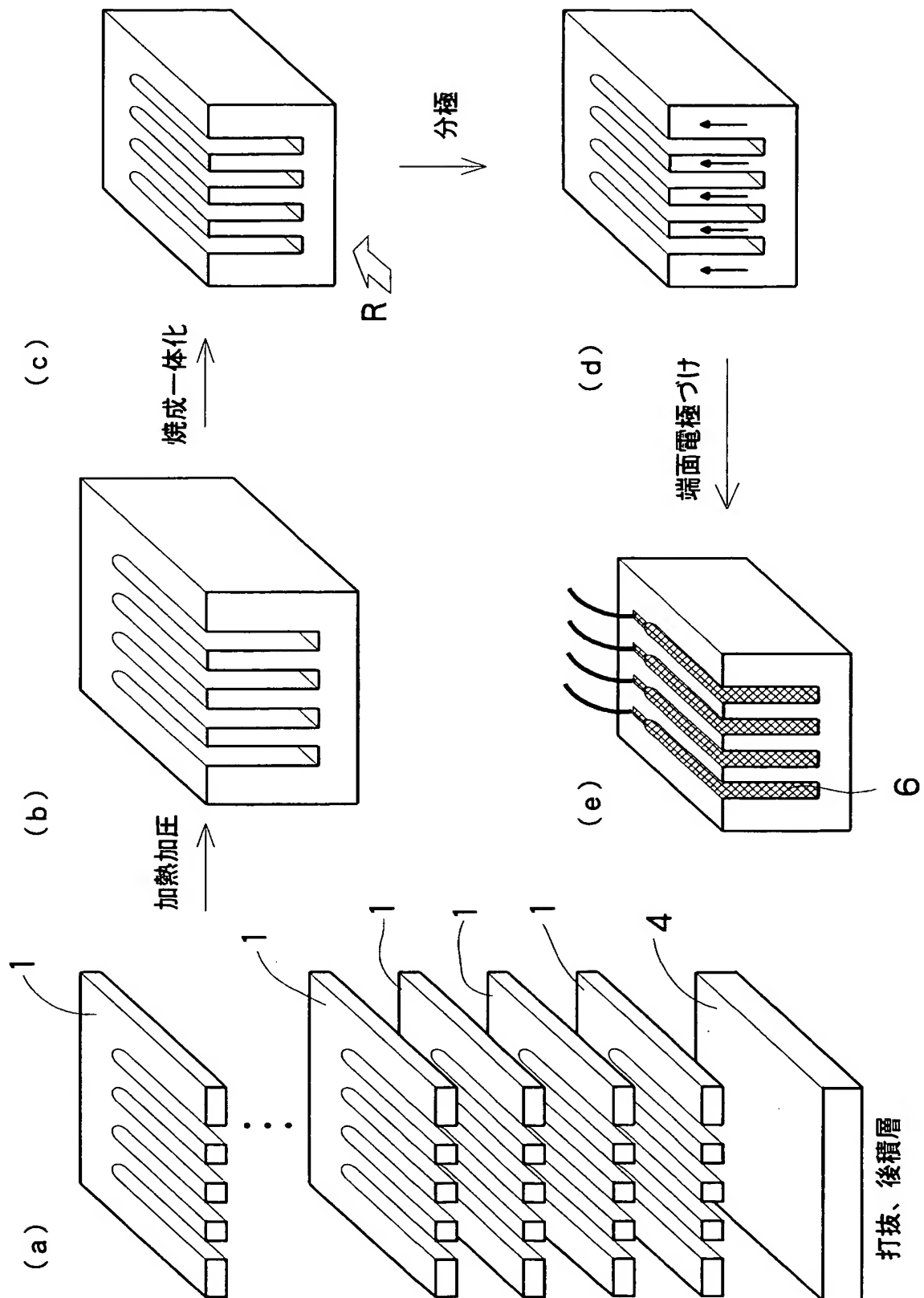
(a)



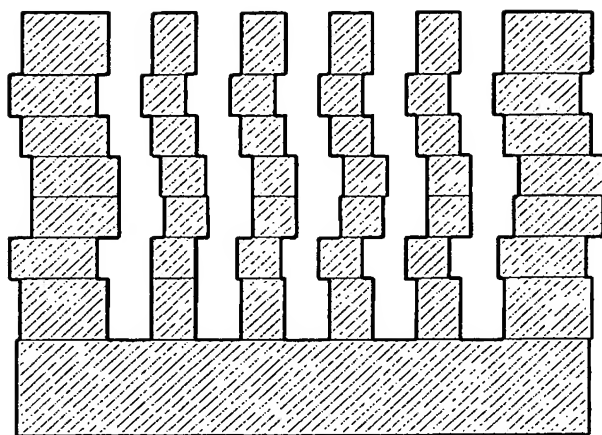
(b)



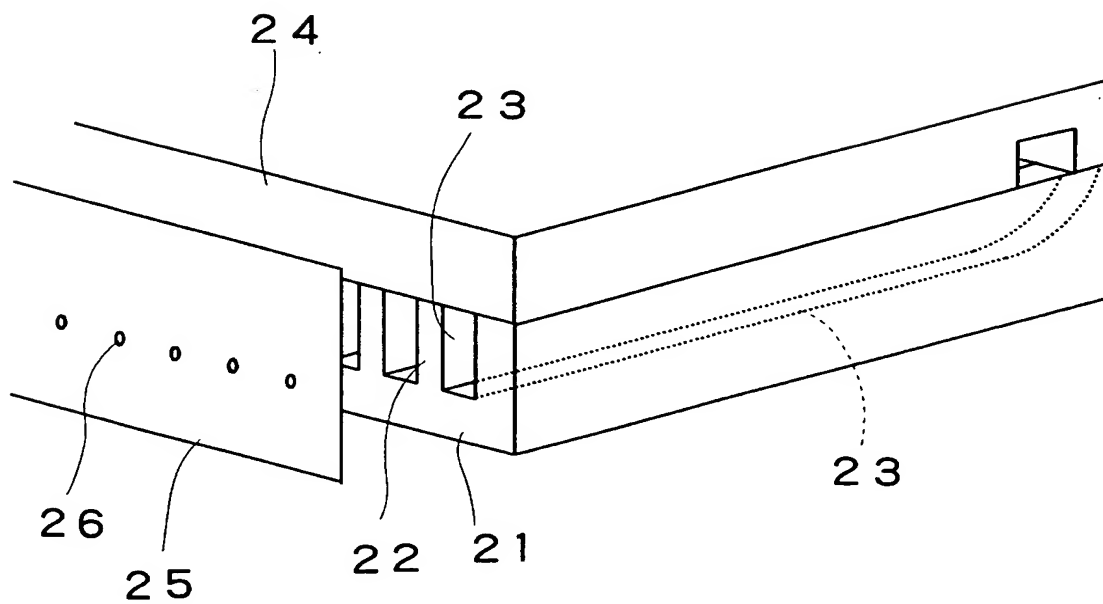
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 洗浄～乾燥工程が不要で、直線形状以外のスリットであっても、また  $50\mu\text{m}$  以下の幅のスリットであっても形成可能とする。

【解決手段】 所定枚数の圧電材料グリーンシート 1 を用意し、ストリッパ 10 を周囲に配置したパンチ 8 とダイ 9 とで、最初の圧電材料グリーンシート 1 a にスリット孔を開け、パンチ 8 を圧電材料グリーンシート 1 a から抜くことなくストリッパ 10 により圧電材料グリーンシート 1 a を引き上げる。そして、二枚目の圧電材料グリーンシート 1 b にパンチ 8 によりスリット孔を開け、同様にパンチ 8 を圧電材料グリーンシート 1 b から抜くことなくストリッパ 10 により打ち抜いた 2 枚の圧電材料グリーンシート 1 a, 1 b を引き上げて打ち抜きと同時に圧電材料グリーンシートを積層する。この操作を所定枚数繰り返した後、基板に重ね合わせて焼成一体化した。

【選択図】 図 2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 1 - 1 0 8 9 8 6
受付番号	5 0 1 0 0 5 1 3 8 6 3
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 3 年 4 月 9 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成13年 4月 6日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 1 - 1 0 8 9 8 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 4 0 6 4 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 4 日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号
氏 名	日本碍子株式会社